

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

Offenlegungsschrift

⑯ DE 196 30 737 A 1

⑯ Int. Cl. 6:

G 02 F 1/39

G 02 F 1/095

H 01 S 3/00

DE 196 30 737 A 1

⑯ Aktenzeichen: 196 30 737.6

⑯ Anmeldetag: 30. 7. 96

⑯ Offenlegungstag: 6. 2. 97

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

04.08.95 KR 24143/95

⑯ Anmelder:

Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Kyonggi, KR

⑯ Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑯ Erfinder:

Kim, Yeong-Ju, Gumi, KR

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Lichtverstärker mit einem mehrstufigen optischen Isolator

⑯ Ein Lichtverstärker umfaßt nur einen einzigen mehrstufigen optischen Isolator zur Verringerung seiner Größe und zur Senkung seiner Herstellungskosten. Der mehrstufige optische Isolator weist zwei Eingangskanäle und zwei Ausgangskanäle auf zum Abschneiden eines Rückflusses von sich in Vorwärtsrichtung ausbreitendem Licht, wenn ein nachfolgendes Eingangslicht in einen ersten Eingangskanal eintritt und wenn ein Ausgabelicht in einen zweiten Eingangskanal eintritt. Eine Pumpquelle erzeugt zum Verstärken des schwachen eingehenden Lichts verwendetes Licht. Ein Wellenlängenaufteilungsmodulator führt eine Wellenlängenteilungsmodulation des durch die Pumpquelle erzeugten Lichts und des in einer Vorwärtsrichtung durch den mehrstufigen optischen Isolator hindurchgeleiteten Lichts durch. Eine optische Faser verstärkt das Licht aus dem Wellenlängenaufteilungsmodulator und emittiert das verstärkte Licht durch den ersten Kanal des mehrstufigen optischen Isolators.

DE 196 30 737 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12.98 802 088/829

9/28

1 Beschreibung

Diese Erfindung betrifft Lichtverstärkungsvorgänge und Lichtverstärker, insbesondere betrifft sie einen Lichtverstärker, der mit einem mehrstufigen optischen Isolator ausgestattet ist, in welchem eine mehrstufige Verbindung verwirklicht ist, wodurch seine Größe verringert ist und ein Rückfluß von fortschreitendem Licht abgeschnitten wird.

Ein herkömmlicher Lichtverstärker umfaßt normalerweise einen ersten optischen Isolator, der mit einem Wellenlängenteilungsmodulator in Verbindung steht, welcher seinerseits mit einer optischen Faser in Verbindung steht, die wiederum mit einem zweiten optischen Isolator in Verbindung steht. Ein Vertreter eines herkömmlichen Lichtverstärkers dieses Typs ist beispielsweise in der Veröffentlichung "Optical Amplifier With A Doped Fluoride Glass Of Optical Fibre And Process For Producing Said Amplifier" von Semenkoff et al. in dem US-Patent Nr. 5 502 591 gezeigt. Durch den ersten optischen Isolator hindurchtretendes Licht wird in dem Wellenlängenteilungsmodulator zusammen mit Licht von einer Pumpquelle moduliert. Das Licht wird durch die optische Faser verstärkt und dann durch den zweiten optischen Isolator geleitet. Dabei basiert die Lehre von Semenkoff et al. in dem US-Patent Nr. 5 502 591 tatsächlich auf der Verwendung eines Paares von Wellenlängenteilungsmodulatoren und Pumpquellen und könnte durch die Verwendung eines einzigen Wellenlängenteilungsmodulators und einer einzigen Pumpe verbessert werden. Ein Problem bei herkömmlichen Lichtverstärkern, die auf zwei oder mehr optischen Isolatoren basieren, besteht darin, daß der optische Isolator größer ist als die anderen Elemente, wodurch unnötigerweise eine Erhöhung der Größe und Herstellungskosten des Lichtverstärkers hervorgerufen werden, manchmal bis zum Punkt der Unbrauchbarkeit.

Es besteht noch ein weiteres Problem, das der Erzeugung hoher Übergangsverluste zwischen der optischen Faser und dem optischen Isolator zuzurechnen ist, da bestehende Ausführungsarten meistens einen Lichtverstärker unter Verwendung von wenigstens zwei optischen Isolatoren erfordern.

Souda et al. beschreiben in dem US-Patent Nr. 5 493 440 mit dem Titel "Optical Isolator And Optical Fiber Amplifier" die Verwendung eines mehrstufigen optischen Isolators mit einem Verstärker. In Fig. 24 von Souda et al. wird beispielsweise ein Verstärker gezeigt, während in den Fig. 2 und 8 in Souda et al. mehrstufige optische Isolatoren dargestellt werden. Bei dem optischen Isolator von Souda et al. werden alle vier Anschlüsse an einer Seite des Isolators vorgesehen, anstelle eines Vorstehens von zwei Eingangsanschlüssen an einer Seite und zwei Ausgangsanschlüssen an der anderen Seite des Isolators. Zudem weist das magnetooptische Element von Souda et al. eine relativ große Polarisationsdrehung von 225 Grad auf, während der optische Isolator von Souda et al. versucht, nur ein einziges doppelbrechendes Element zu verwenden. Zudem erfordert die Verwendung einer einzigen Linse in dem optischen Isolator von Souda et al. einen zusätzlichen Spiegel und Kompensator. Dementsprechend stellen die gegenwärtigen Ausführungsformen für optische Faserverstärker, die durch Souda et al. angegeben werden, nicht die besten Lösungen im optischen Design dar.

Dementsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung mit einer verbesserten Lichtverstärkung zu schaffen.

Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein Verfahren und einen Lichtverstärker zu schaffen, mit denen es möglich ist, einen mehrstufigen optischen Isolator auf effiziente Weise zu verwenden.

5 5 Noch eine weitere Aufgabe besteht darin, einen Lichtverstärker zu schaffen, der eine verringerte Größe und verringerte Herstellungskosten aufweist, und ein Verfahren hierfür.

Noch eine weitere Aufgabe besteht darin, ein Verfahren und einen Lichtverstärker zu schaffen, die durch verringerte Übergangsverluste zwischen der optischen Faser und dem optischen Isolator gekennzeichnet sind.

Noch eine weitere Aufgabe besteht darin, ein Verfahren und einen Lichtverstärker zu schaffen, die in der Lage sind, die Übergangsverluste zu verringern bei Verwendung nur eines einzigen mehrstufigen optischen Isolators.

Diese und andere Aufgaben werden gelöst durch einen Lichtverstärker, der einen mehrstufigen optischen Isolator verwendet, bei dem eine mehrstufige Verbindung verwirklicht ist. Der in dem Verstärker vorgesehene mehrstufige optische Isolator kann zwei Eingangs- und zwei Ausgangsanschlüsse aufweisen zum Abschneiden eines Rückflusses von in Vorwärtsrichtung fort-

25 schreitendem Licht, wenn in Vorwärtsrichtung fort- schreitendes Eingangslicht an einen ersten Eingangsanschluß geht und wenn ein Ausgabelicht an einen zweiten Eingangsanschluß geht. Durch einen Wellenlängenteilungsmodulator werden die Wellenlängen des von der

30 Pumpquelle und des von dem durch den mehrstufigen optischen Isolator fortschreitenden Lichts erzeugten Lichts teiligungsmoduliert. Eine optische Faser verstärkt das Licht aus dem Wellenlängenteilungsmodulator und emittiert dabei das verstärkte Licht durch den ersten 35 Anschluß des mehrstufigen optischen Isolators.

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung beispielhaft anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen näher erläutert und beschrieben. In den Zeichnungen werden durch gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Bauteile bezeichnet. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung, die einen Aufbau eines erfindungsgemäßen Lichtverstärkers unter Verwendung eines mehrstufigen optischen Isolators veranschaulicht;

40 Fig. 2 eine schematische Blockdarstellung, die eine hypothetische Veranschaulichung des Aufbaus eines herkömmlichen Lichtverstärkers zeigt;

Fig. 3 eine Darstellung, die einen Aufbau eines erfindungsgemäß aufgebauten mehrstufigen optischen Isolators veranschaulicht;

45 Fig. 4 einen Mechanismus zur Lichtübertragung in Vorwärtsrichtung und die Lagen von Lichtstrahlen innerhalb eines erfindungsgemäß aufgebauten mehrstufigen optischen Isolators;

50 Fig. 5 eine Ansicht, die eine Lage einer optischen Faser und eine Lage von rückwärts fließendem Licht in einem Querschnitt einer gemäß den Lehren der Erfindung aufgebauten optischen Faserhülse veranschaulicht;

55 Fig. 6 eine Darstellung, die einen Lichtweg und einen Trennungsgrad von Lichtstrahlen innerhalb einer erfindungsgemäß aufgebauten doppelbrechenden Linse veranschaulicht; und

60 Fig. 7 eine grafische Darstellung über zwei Koordinatenachsen, die den Trennungswinkel zwischen der Achse in Vorwärtsrichtung und der doppelbrechenden Linse in Grad darstellt als Funktion des Trennungsabstands zwischen der normalen Polarisation und der außer r-

dentlichen Polarisation, die in mm gemessen wird, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Bezug nehmend auf die Zeichnungen ist Fig. 2 eine Darstellung, die einen schematischen Aufbau eines hypothetischen herkömmlichen Lichtverstärkers veranschaulicht, in dem die hervorspringenden Merkmale dargestellt sind. Ein herkömmlicher Lichtverstärker (z. B. ein erbiumdotierter Faserverstärker) ist mit wenigstens zwei optischen Isolatoren versehen. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, tritt durch eine optische Faser eines Eingangsanschlusses eingehendes Licht durch einen optischen Isolator 1 des Eingangsanschlusses hindurch, so daß ein Rückfluß des vorwärtsgerichteten Lichts abgeschnitten ist. Das durch den optischen Isolator 1 hindurchtretende Licht wird zusammen mit Licht von einer Pumpquelle 3 in einem Wellenlängenteilungsmodulator 2 moduliert und dann an eine optische Faser 4 (z. B. eine erbiumdotierte Faser) ausgegeben. Die Wellenlänge des Lichts von der Pumpquelle 3 beträgt 980 oder 1480 nm. Das durch die optische Faser hindurchgetretene verstärkte Licht tritt durch einen optischen Isolator 5 hindurch zu einem Ausgangsanschluß, wobei der optische Isolator 5 auf die gleiche Weise wie der an dem Eingangsanschluß vorgesehene optische Isolator 1 verwendet wird. Der optische Isolator 5 schneidet den Rückfluß des in Vorwärtsrichtung sich ausbreitenden Lichts an einem Verbindungsteil zwischen einem Element und der optischen Faser ab und gibt das in Vorwärtsrichtung fortschreitende Licht aus diesem aus.

Fig. 1 ist eine Darstellung, die den Aufbau eines erfindungsgemäß aufgebauten Lichtverstärkers unter Verwendung eines mehrstufigen optischen Isolators veranschaulicht. Ein mehrstufiger optischer Isolator 6 weist zwei Eingangskanäle 7A und 7B und zwei Ausgangskanäle 8A und 8B auf zum Abschneiden eines Rückflusses von sich in Vorwärtsrichtung ausbreitendem Licht, wenn sich in Vorwärtsrichtung ausbreitendes Eingangslight zu dem ersten Eingangskanal 7A geleitet wird, und wenn Ausgabelicht an den zweiten Eingangskanal 7B geleitet wird. Die Pumpquelle 3 erzeugt Licht, das dazu verwendet wird, das schwache eingehende Licht zu verstärken. Durch den Wellenlängenteilungsmodulator 2 werden die Wellenlängen des über den mehrstufigen optischen Isolator 6 weitergeleiteten Lichts und des durch die Pumpquelle 3 erzeugten Lichts teiligungsmoduliert. Eine optische Faser 7 verstärkt Licht aus dem Wellenlängenteilungsmodulator 2 und leitet das verstärkte Licht aus dem ersten Eingangskanal 7A des mehrstufigen optischen Isolators 6.

Fig. 3 ist eine Ansicht, die einen erfindungsgemäßen Aufbau eines mehrstufigen optischen Isolators veranschaulicht. Der mehrstufige optische Isolator kann eine erste Linse 9 zum Fokussieren des Eingangslichts umfassen. Eine doppelbrechende Linse 13 teilt das fokussierte Licht in vertikal und horizontal polarisiertes Licht auf. Eine Faraday-Zelle (Faraday-Rotator) 11 verschiebt die Phase des polarisierten Lichts, das durch die erste doppelbrechende Linse 13 aufgeteilt wurde, und eine zweite doppelbrechende Linse 12 fokussiert das phasenverschobene Licht aus der Faraday-Zelle 11. Über eine Linse 10 schreitet das durch die zweite doppelbrechende Linse 12 fokussierte Licht zu einer entsprechenden optischen Faser.

Fig. 4 ist eine Ansicht, die einen Mechanismus zur Lichtausbreitung in Vorwärtsrichtung und eine Lage der Lichtstrahlen in dem erfindungsgemäßen mehrstufigen optischen Isolator veranschaulicht. Fig. 5 ist eine Darstellung, die eine Lage einer optischen Faser und

eine Lage von zurückfließendem Licht an einem Querschnitt einer optischen Faserhülse gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Fig. 6 ist eine Darstellung, die den Durchgang des Lichts innerhalb einer doppelbrechenden Linse gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Fig. 7 ist eine grafische Darstellung, die den Trennungsabstand des Lichts in bezug auf den Winkel zwischen einer doppelbrechenden Linse und einer Lichtfortschreitrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

Ein erfindungsgemäß aufgebauter Lichtverstärker wird nachfolgend unter gemeinsamer Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 7 beschrieben. Licht fällt auf den zweiten Eingangskanal 7B, der einen Eingangskanal des mehrstufigen optischen Isolators darstellt, über die optische Faser ein, wodurch es auf einen Eingangsanschluß des Wellenlängenteilungsmodulators 2 durch die optische Faser einfällt. Der mehrstufige optische Isolator 6 wird dazu verwendet, ein Ausbreiten des Lichts in der umgekehrten Richtung zu verhindern, wenn zwei optische Fasern oder ein Element und die optische Faser jeweils miteinander verbunden sind.

Der mehrstufige optische Isolator 6 wird in größeren Einzelheiten in bezug auf Fig. 3 beschrieben. Das durch die optische Faser einfallende Licht tritt durch einen oberen Teil der ersten Linse 9 und fällt dann auf eine erste doppelbrechende Linse 13, die aus polarisiertem Material wie TiO_2 hergestellt ist. Das einfallende Licht tritt durch die erste doppelbrechende Linse 13 und wird in vertikal (normal) und horizontal (außerordentlich) polarisiertes Licht aufgeteilt. Falls die Länge der ersten doppelbrechenden Linse 13 5 mm beträgt, dann beträgt der Trennungsabstand des Lichts maximal 500 μm . Das durch Hindurchtreten durch die erste doppelbrechende Linse 13 aufgeteilte Licht tritt durch eine Faraday-Zelle 11 hindurch und wird um 45 Grad phasenverschoben. Das phasenverschobene Licht tritt nach Durchgang durch die Faraday-Zelle 11 durch die zweite doppelbrechende Linse 12. Als Folge davon wird das Licht, das durch die erste doppelbrechende Linse 13 getrennt wurde, durch eine Phasenverschiebung durch die Faraday-Zelle 11 und anschließendes Durchleiten durch die zweite doppelbrechende Linse 12 vereinigt. Das vereinigte Licht tritt in die optische Faser 7 ein, die über die zweite Linse 10 angeschlossen ist. Das an einem Querschnitt der optischen Faser 7 reflektierte Licht tritt durch die zweite Linse 10 und wird dann erneut in vertikal (normal) und horizontal (außerordentlich) polarisiertes Licht in der zweiten doppelbrechenden Linse 12 aufgeteilt. Das aufgeteilte Licht geht dann durch die Faraday-Zelle 11 hindurch. Das durch die Faraday-Zelle 11 getrennte Licht tritt dann durch die zweite doppelbrechende Linse 12. Das durch die zweite doppelbrechende Linse 12 hindurchtretende Licht wird in zwei Richtungen in bezug auf eine Mitte einer optischen Faserhülse aufgeteilt, die wie in Fig. 5 gezeigt an dem ersten Anschluß 7A des mehrstufigen optischen Isolators 6 angeschlossen ist, um somit zu verhindern, daß das einfallende Licht in den Eingangsanschluß fließt.

Wie oben erläutert wurde, wird das durch den mehrstufigen optischen Isolator 6 hindurchtretende Licht in den Wellenlängenteilungsmodulator 2 als ein Eingangslight eingegeben. Da das Eingangslight schwach ist, wird das in den Wellenlängenteilungsmodulator 2 eingegebene Light über eine Pumpquelle 3 als weiteres Eingangslight moduliert, und tritt aus dem Wellenlängenteilungsmodulator 2 aus. Light mit einer Wellenlänge von 980 oder 1480 nm wird aus der Pumpquelle 3 ausgegeben.

Das modulierte Ausgangslicht wird durch Hindurchleiter durch die optische Faser 7 verstärkt. Die optische Faser 7 ist um den Wellenlängenteilungsmodulator 2 und den mehrstufigen optischen Isolator 6, die in der Mitte angeordnet sind, herumgewickelt. Ein Krümmungsdurchmesser der optischen Faser 7 beträgt mehr als 5 cm. Das durch Hindurchleiter durch die Faser 7 verstärkte Licht wird erneut an den Eingangskanal 7A des mehrstufigen optischen Isolators 6 geliefert. Das auf den mehrstufigen optischen Isolator 6 einfallende Licht tritt durch einen unteren Abschnitt der ersten Linse 9 hindurch und fällt dann auf die erste doppelbrechende Linse 13, die aus polarisiertem Material, wie TiO_2 , hergestellt ist. Das einfallende Licht wird bei Durchgang durch einen unteren Teil der ersten doppelbrechenden Linse 13 in vertikal (normal) und horizontal (außerordentlich) polarisiertes Licht aufgeteilt. Falls die Länge der ersten doppelbrechenden Linse 13 5 mm beträgt, dann beträgt der Trennungsabstand des Lichts maximal 500 μ m. Das durch die erste doppelbrechende Linse 13 aufgeteilte Licht tritt durch die Faraday-Zelle 11 und wird um 45° phasenverschoben. Das phasenverschobene Licht tritt nach Durchgang durch die Faraday-Zelle 11 durch die zweite doppelbrechende Linse 12. Als Folge davon wird das Licht, das durch die erste doppelbrechende Linse 13 aufgeteilt wurde, durch Phasenverschiebung durch die Faraday-Zelle 11 und anschließend des Durchleiters durch die zweite doppelbrechende Linse 12 vereinigt. Das vereinigte Licht wird in die optische Faser 7, die an die zweite Linse 10 angeschlossen ist, eingegeben. Das an dem Querschnitt der optischen Faser 7 reflektierte Licht tritt durch die zweite Linse 10 und wird erneut in der zweiten doppelbrechenden Linse 12 in vertikal (normal) und horizontal (außerordentlich) polarisiertes Licht aufgeteilt. Das aufgeteilte Licht tritt dann durch die Faraday-Zelle 11. Das durch die Faraday-Zelle 11 aufgeteilte Licht tritt durch die erste doppelbrechende Linse 13. Das durch die erste doppelbrechende Linse 13 durchtretende Licht wird in zwei Richtungen bezüglich einer Mitte der an den zweiten Anschluß 7B des mehrstufigen optischen Isolators 6 wie in Fig. 5 gezeigt angeschlossen an optische Faserhülsen getrennt, wodurch verhindert wird, daß das einfallende Licht in den Einganganschluß fließt.

Wie oben erläutert wurde, schafft die vorliegende Erfindung einen Lichtverstärker mit einem mehrstufigen optischen Isolator, in dem eine mehrstufige Verbindung verwirklicht ist, wodurch seine Größe verringert ist und ein Rückfluß aus einem vorwärtsverstärkendem Lichtverstärker abgeschnitten wird. Erfindungsgemäß löst die mehrstufige Verbindung das in bestehenden Entwürfen unter Verwendung eines mehrstufigen optischen Isolators auftretende Problem, daß dieser größer ist als andere Elemente in der Anordnung, was bewirkt, daß die Größe und Herstellungskosten des Lichtverstärkers größer als notwendig sind, und das weitere Problem der hohen Übergangsverluste zwischen der optischen Faser und dem optischen Isolator, die der Verwendung von wenigstens zwei optischen Isolatoren zuschreiben sind.

Obwohl eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben wurde, ist es dem Fachmann klar, daß verschiedene Abwandlungen durchführbar sind, ohne vom Grundgedanken der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Ein Lichtverstärker mit:
einem mehrstufigen optischen Isolator (6), der zwei Eingangsanschlüsse (7A, 7B), die an einer Seite des Isolators vergrößert sind, und zwei Ausgangsanschlüsse (8A, 8B), die an einer anderen Seite des Isolators vergrößert sind, aufweist, zum Abschneiden eines Rückflusses von sich in Vorwärtsrichtung ausbreitendem Licht, wenn das sich in Vorwärtsrichtung ausbreitende Eingabelicht in einen ersten Einganganschluß eintritt und wenn ein Ausgabelicht in einen zweiten Einganganschluß eintritt, wobei der Isolator (6) die folgenden, in der folgenden Reihenfolge linear angeordneten Elemente umfaßt:
eine erste Linse (9) zum Fokussieren von in sie eingegebenen Licht;
eine erste doppelbrechende Linse (13) zum Aufteilen des fokussierten Lichts in vertikal und horizontal polarisiertes Licht;
eine Faraday-Zelle (11), die anschließend an die erste doppelbrechende Linse (13) angeordnet ist, zur Phasenverschiebung des durch die erste doppelbrechende Linse aufgeteilten Lichts;
eine zweite doppelbrechende Linse (12), die anschließend an die Faraday-Zelle angeordnet ist, zum Fokussieren des phasenverschobenen Lichts aus der Faraday-Zelle; und
eine zweite Linse (10), die anschließend an die zweite doppelbrechende Linse (12) angeordnet ist, zum Leiten des durch die zweite doppelbrechende Linse fokussierten Lichts zu einem entsprechenden Ausgangsanschluß;
einer Pumpquelle (3) zum Erzeugen von Licht;
einem Wellenlängenaufteilungsmodulator (2), der mit der Pumpquelle in Verbindung steht, zum Wellenlängenteilungsmodulieren des durch die Pumpquelle erzeugten Lichts und des durch den mehrstufigen optischen Isolator in einer Vorwärtsrichtung weitergeleiteten Lichts; und
einer mit dem Modulator und dem Isolator in Verbindung stehenden optischen Faser (7), die verstärktes Licht erzeugt durch Verstärken von aus dem Wellenlängenaufteilungsmodulator empfangenem Licht und zum Weiterleiten des verstärkten Lichts an den ersten Einganganschluß des mehrstufigen optischen Isolators.
2. Der Lichtverstärker nach Anspruch 1, wobei die Pumpquelle (3) eine Pumplaserdiode umfaßt, die Licht mit einer Wellenlänge von 980 nm oder 1480 nm emittiert.
3. Der Lichtverstärker nach Anspruch 1, wobei die optische Faser (7) um den mehrstufigen optischen Isolator und den Wellenlängenaufteilungsmodulator herumgewickelt ist; und wobei der mehrstufige optische Isolator und der Wellenlängenaufteilungsmodulator in der Mitte der aufgewickelten optischen Faser angeordnet sind.
4. Der Lichtverstärker nach Anspruch 1, wobei die optische Faser einen Krümmungsdurchmesser von nicht weniger als 5 cm aufweist.
5. Der Lichtverstärker nach Anspruch 1, wobei die Faraday-Zelle die Phase des hindurchtretenden Lichts um 45° verschiebt.
6. Der Lichtverstärker nach Anspruch 2, wobei die optische Faser um den mehrstufigen optischen Isolator und den Wellenlängenaufteilungsmodulator

herumgewickelt ist, und wobei der mehrstufige optische Isolator und der Wellenlängenaufteilungsmodulator in der Mitte der aufgewickelten optischen Faser angeordnet sind.

7. Der Lichtverstärker nach Anspruch 5, w bei die 5 optische Faser um den mehrstufigen optischen Isolator und den Wellenlängenaufteilungsmodulator herumgewickelt ist; und wobei der mehrstufige optische Isolator und der Wellenlängenaufteilungsmodulator in der Mitte der aufgewickelten optischen Faser angeordnet sind. 10

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

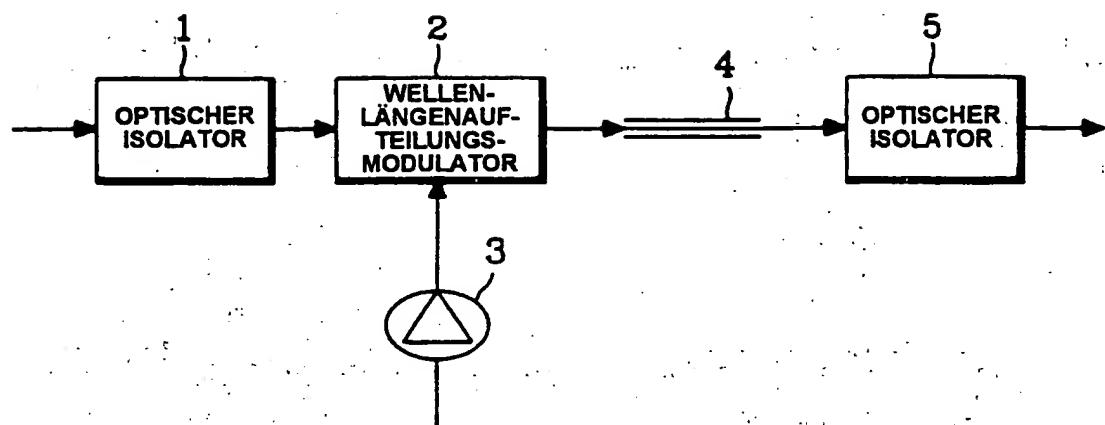


Fig. 2

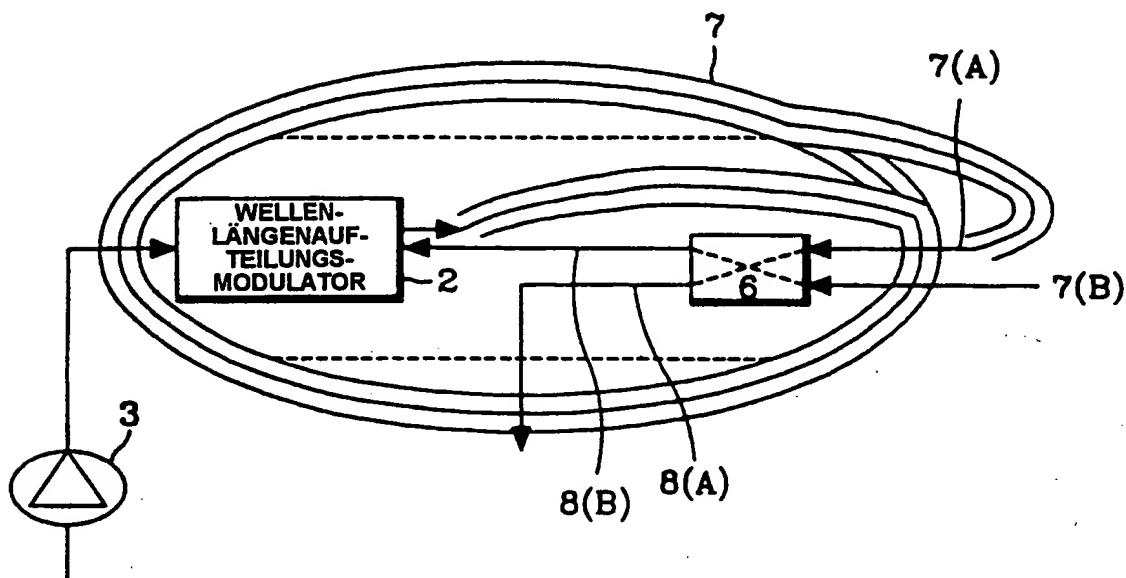


Fig. 1

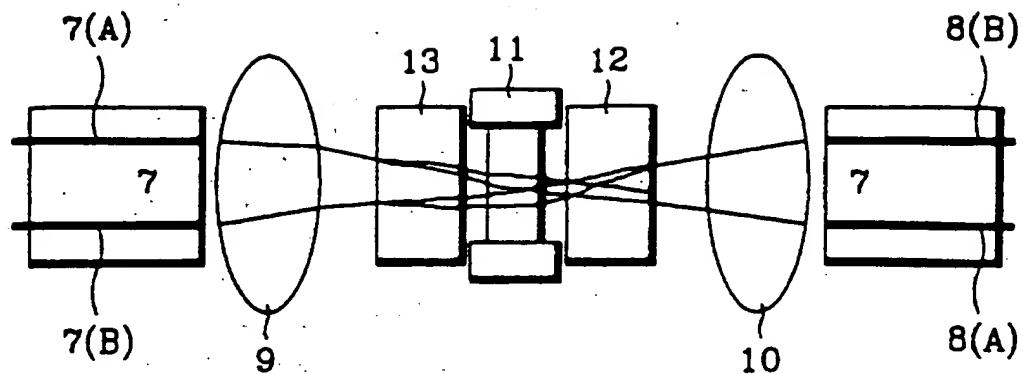


Fig. 3

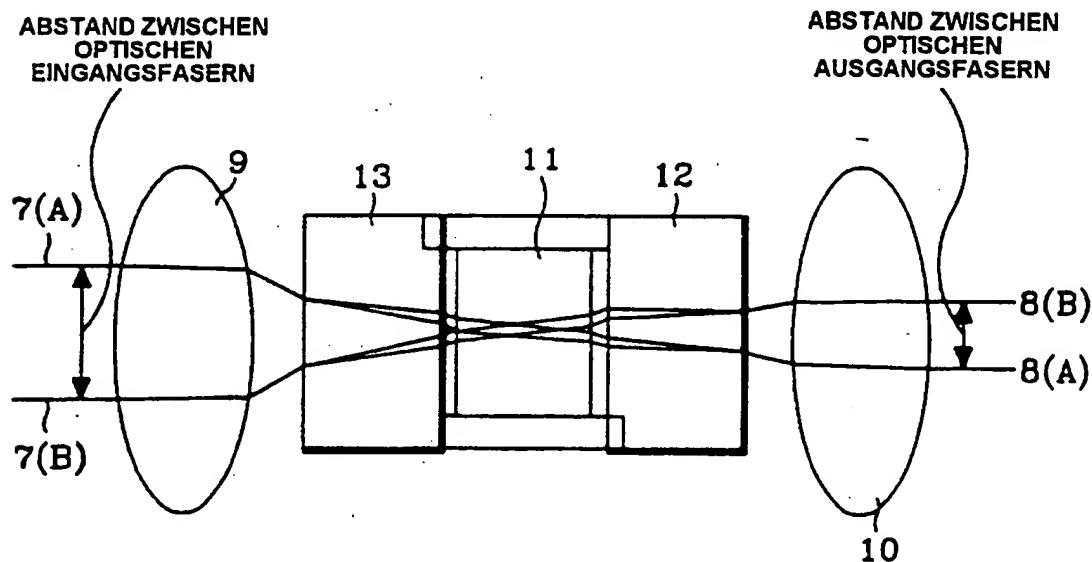


Fig. 4

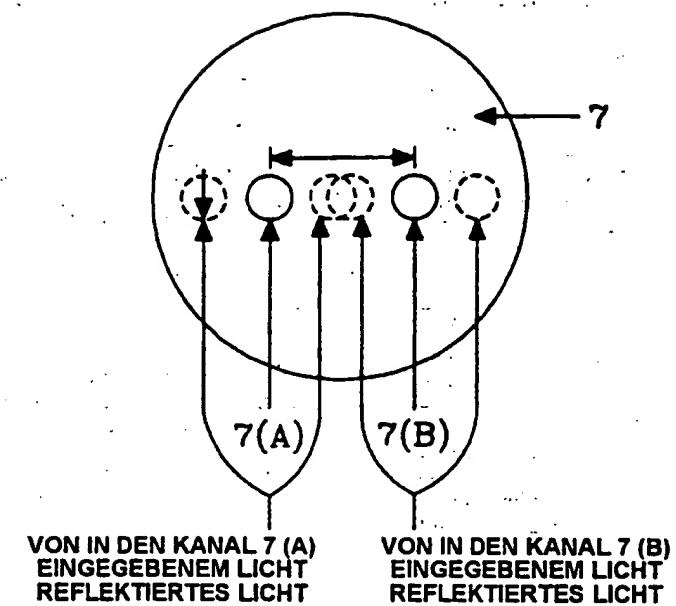


Fig. 5

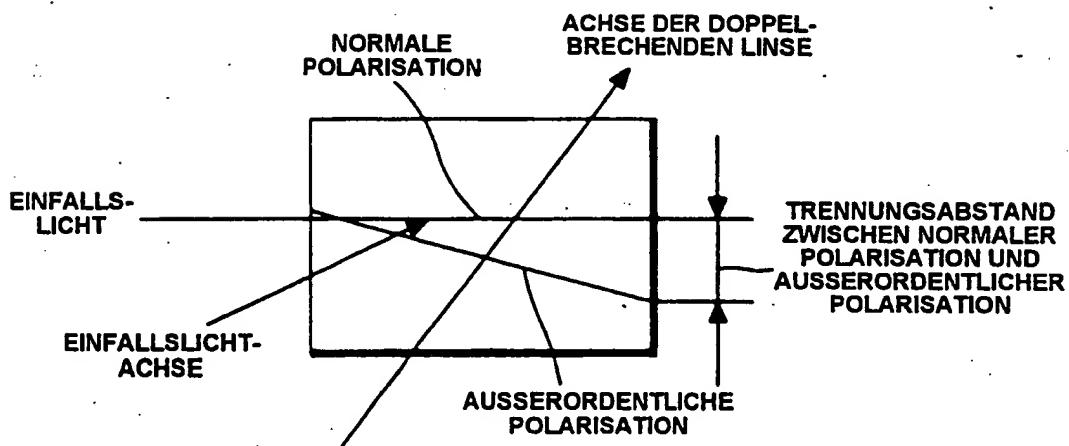


Fig. 6

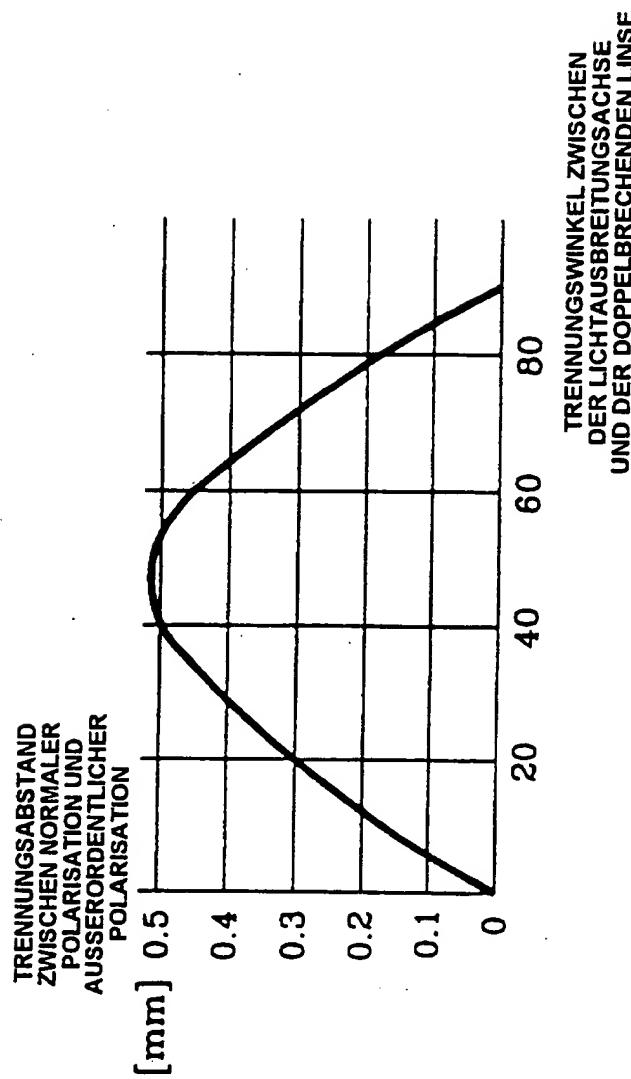


Fig. 7